

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **08336546 A**(43) Date of publication of application: **24.12.96**

(51) Int. Cl.

A61B 17/36**A61N 5/06**(21) Application number: **07146531**(71) Applicant: **MORITA MFG CO LTD**(22) Date of filing: **13.06.95**(72) Inventor: **YUMIBA AKIRA
OKANOE YOSHIHIDE**(54) **MEDICAL LASER TREATING DEVICE**

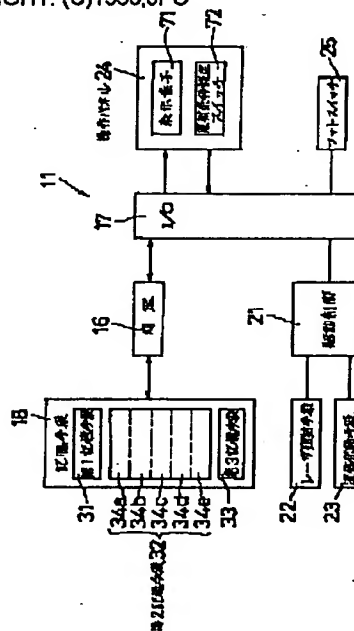
34a-34d to store one treating condition, respectively.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)1996,JPO

PURPOSE: To easily set plural treating conditions by providing the device with storage means which store the plural treating conditions including laser beam irradiation output, the number of repeats of a laser beam and liquid supply quantity and controlling a laser beam generating means and a liquid supply means by selecting one of stored treating conditions.

CONSTITUTION: The processing circuit 16 of this medical laser treating devices 11 connected to an input/output circuit 17 and the storage means 18, and a driving control circuit 21, a control panel 24 and a foot switch 25 are connected to the input/output circuit 17. The storage means 18 is equipped with first to third storage means 31-33 which store the treating conditions for the number of return of the laser beam and the liquid supply quantity, etc. When a power source is applied, the treating condition stored in the third storage means 33 is transferred to the first storage means 31 as an initialization condition, and laser treatment is performed based on the treating condition. The second storage means 32 consists of an EEPROM, etc., and it is provided with plural storage areas



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-336546

(43) 公開日 平成8年(1996)12月24日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	片内整理番号	F I	技術表示箇所
A 6 1 B 17/36	3 5 0		A 6 1 B 17/36	3 5 0
A 6 1 N 5/06			A 6 1 N 5/06	E

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平7-146531

(22) 出願日 平成7年(1995)6月13日

(71) 出願人 000138185

株式会社モリタ製作所

京都府京都市伏見区東浜南町680番地

(72) 発明者 弓場 彰

京都府京都市伏見区東浜南町680番地 株

式会社モリタ製作所内

(72) 発明者 岡上 吉秀

京都府京都市伏見区東浜南町680番地 株

式会社モリタ製作所内

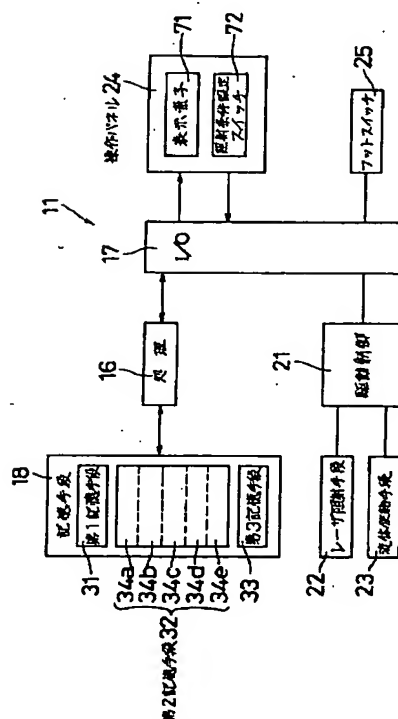
(74) 代理人 弁理士 西教 圭一郎 (外2名)

(54) 【発明の名称】 医療用レーザ治療装置

(57) 【要約】

【目的】 使用用途に適した複数の治療条件を簡単な操作によって確実に設定できる医療用レーザ治療装置を提供する。

【構成】 ハンドピース40から出射して治療部位を照射するレーザ照射手段22と、治療部位に流体を供給する流体供給手段23と、レーザ光照射出力、レーザ光繰返し数および流体供給量などの治療条件を記憶する第1記憶手段31および第2記憶手段32と、第1記憶手段31に記憶された治療条件に基づいてレーザ照射手段22および流体供給手段23を制御する駆動制御回路21と、第1記憶手段31に所望の治療条件を設定する設定スイッチ24と、第1記憶手段31に記憶された治療条件を第2記憶手段32へ転送するメモリセットスイッチ94と、第2記憶手段32に記憶された治療条件を第1記憶手段31へ転送するメモリスイッチM1～M5と、処理回路16と、入出力回路17などで構成される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ハンドピースから出射して治療部位を照射するレーザ光を発生するためのレーザ光発生手段と、ハンドピースから治療部位に向けて、液体、気体またはこれらの混合物から成る流体を供給するための流体供給手段と、

少なくともレーザ光照射出力、レーザ光繰返し数および流体供給量を含む治療条件を複数記憶するための記憶手段と、

前記憶手段に記憶された治療条件の中から1つを選択して、レーザ光発生手段および流体供給手段を制御するための制御手段とを備えることを特徴とする医療用レーザ治療装置。

【請求項2】 前記治療条件は、液体と気体の混合比を含むことを特徴とする請求項1記載の医療用レーザ治療装置。

【請求項3】 前記治療条件は、レーザ光照射時間を含むことを特徴とする請求項1記載の医療用レーザ治療装置。

【請求項4】 レーザ光の進行方向に沿って可視光から成るガイド光を発生するためのガイド光発生手段を備え、前記治療条件はガイド光の有無を含むことを特徴とする請求項1記載の医療用レーザ治療装置。

【請求項5】 治療部位を照明する照明光を発生する照明光発生手段を備え、前記治療条件は照明光の有無を含むことを特徴とする請求項1記載の医療用レーザ治療装置。

【請求項6】 前記記憶手段に記憶された治療条件の中から1つを選択するための複数の選択スイッチを備え、該選択スイッチには治療内容を表す文字列および/または図形が記載されたテンプレートが取り付けられていることを特徴とする請求項1記載の医療用レーザ治療装置。

【請求項7】 レーザ光照射出力を前記記憶手段に記憶させる場合に、該レーザ光照射出力が所定値以上であるとき前もって警告を発するための高パワー設定警告手段を備えることを特徴とする請求項1記載の医療用レーザ治療装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、患部にレーザ光を照射して治療を行う医療用レーザ治療装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、医療用レーザ治療装置においてレーザ照射を行うために設定しなければならない治療条件としてレーザ光の照射出力（連続波の場合はワット（W）、パルス波の場合はジュール（J））、レーザ光の繰返し数（1秒間のパルス数（PPS））、レーザ光の照射時間（タイマーオフ時間）、患部冷却用の流体（水や空気）の供給量、およびガイド光のオン/オフな

どがあり、使用者は各照射条件の内容を理解し、各条件に対応するダイヤル操作などで個別に設定しなければならない。したがって、医療用レーザ治療装置を使用する際、各治療条件に関する高度の専門知識が要求される。

【0003】 また、レーザ治療を行う場合、患者が変わるごとに、また同一の患者であっても治療を行う症例ごとに、さらに同一の症例であっても患者に対する処置内容が異なるごとに治療条件を変更する必要がある。したがって、治療条件を頻繁に変更する場合には、条件設定操作に不所望な時間が費やされる。さらに、治療条件の組み合わせは非常に多いため、治療中に治療条件の組み合わせを正確に設定し確認するのは困難である。

【0004】 先行技術として、特開平3-1882号公報のレーザ治療装置があり、そこではレーザ光の照射条件として少なくともレーザ出力量および照射時間、さらにはレーザ光のスポットサイズを1組として複数組の照射条件を予め照射条件設定記憶部に格納しておき、選択部によって任意の治療条件を選択することで所望する照射条件を設定している。

【0005】 また他の先行技術として、特開昭58-44784号公報には、レーザ出力、照射時間、パルス幅、繰返し周期等のレーザ光照射モードを予め記憶設定しておいて、所望の照射モードを呼び出せるプリセット方式のレーザ装置が開示されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 特開平3-1882号公報や特開昭58-44784号公報では、レーザ出力量、照射時間、レーザ光スポットサイズ、パルス幅、繰返し周期などのレーザ光に関する条件しか記憶されない。

【0007】 医療用レーザ治療装置が、たとえば歯科用として用いられる場合、レーザ光の照射とともにレーザ光照射部位に対して水と空気とが任意の比率で混合された混合流体が吹付けられる。混合流体は治療内容に応じて最適な比率で混合されなければならない、治療内容が変わる度に個別に設定し直さなければならない。

【0008】 本発明の目的は、使用用途に適合した複数の治療条件を簡単な操作によって設定することができる医療用レーザ治療装置を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】 本発明は、ハンドピースから出射して治療部位を照射するレーザ光を発生するためのレーザ光発生手段と、ハンドピースから治療部位に向けて、液体、気体またはこれらの混合物から成る流体を供給するための流体供給手段と、少なくともレーザ光照射出力、レーザ光繰返し数および流体供給量を含む治療条件を複数記憶するための記憶手段と、前記憶手段に記憶された治療条件の中から1つを選択して、レーザ光発生手段および流体供給手段を制御するための制御手段とを備えることを特徴とする医療用レーザ治療装置で

3

ある。また本発明は、前記治療条件は液体と気体の混合比を含むことを特徴とする。また本発明は、前記治療条件はレーザ光照射時間を含むことを特徴とする。また本発明は、レーザ光の進行方向に沿って可視光から成るガイド光を発生するためのガイド光発生手段を備え、前記治療条件はガイド光の有無を含むことを特徴とする。また本発明は、治療部位を照明する照明光を発生する照明光発生手段を備え、前記治療条件は照明光の有無を含むことを特徴とする。また本発明は、前記記憶手段に記憶された治療条件の中から1つを選択するための複数の選択スイッチを備え、該選択スイッチには治療内容を表す文字列および/または図形が記載されたテンプレートが取り付けられていることを特徴とする。また本発明は、レーザ光照射出力を前記記憶手段に記憶させる場合に、該レーザ光照射出力が所定値以上であるとき前もって警告を発するための高パワー設定警告手段を備えることを特徴とする。

【0010】

【作用】本発明に従えば、レーザ光に関する条件の他に、液体、気体またはこれらの混合物から成る流体に関する条件も含めて治療条件として記憶しているため、たとえば患者別、症例別に最適な治療条件を迅速に設定することが可能である。

【0011】また、流体として水等の液体、空気等の気体、またはこれらの混合物を使用するため、レーザ光をあまり妨害することなく、治療部位を効率良く冷却可能になり、しかも安全性が高い。

【0012】また、治療条件として液体と気体の混合比を含むことによって、治療内容に応じて液体から気体までの中間状態、たとえば霧の密度を任意にかつ迅速に設定することができる。特に、歯科治療において歯牙などの硬組織を治療する場合、霧状の流体を治療部位に吹き付けることによって、レーザ光切削速度が向上し、硬組織に与えるダメージが少なくなるため、液体と気体の混合比をきめ細かく設定することが好ましい。

【0013】また、治療条件としてレーザ光照射時間を含むことによって、照射開始から照射停止までの時間を一定にすることができ、フットスイッチ等の操作時間に左右されずに光照射量を一定に保つことができる。また、レーザ光照射時間はたとえば患者別、症例別に応じて調整可能であり、その再設定も簡単に行うことができる。

【0014】また、レーザ光の進行方向に沿って可視光から成るガイド光を発生することによって、レーザ光の照射位置を簡単に目視することができる。特にレーザ光が赤外線などの不可視光でかつ高出力である場合、レーザ光の出射状態を視認できるため、安全性が向上する。さらに、治療条件としてガイド光の有無を含むことによって、使用者の治療内容に応じて任意設定が可能になる。

4

【0015】また、治療部位を照明する照明光を発生することによって、治療部位の観察が容易になる。さらに、治療条件として照明光の有無を含むことによって、使用者の治療内容に応じて任意設定が可能になる。

【0016】また、治療条件を選択する選択スイッチには、治療内容を表す文字列および/または図形が記載されたテンプレートを取り付けることによって、使用者は所望の治療条件を確実にかつ迅速に選択できる。なお、治療条件の記憶内容を変更した際に、テンプレートに記載された文字列や図形を任意に書き替えてもよく、またテンプレート全体を交換するようにしてもよい。

【0017】また、レーザ光照射出力が所定値以上に設定される場合には、前もって警告を発することによって、高出力レーザ光が外部に放射される危険を未然に防止できる。

【0018】

【実施例】図1は、本発明の一実施例の構成を示すブロック図である。図2は、図1に示したレーザ照射手段22と流体供給手段23の構成を示すブロック図である。

【0019】医療用レーザ治療装置11は、処理回路16と、入出力(I/O)回路17と、記憶手段18と、駆動制御回路21と、レーザ照射手段22と、流体供給手段23と、操作パネル24と、フットスイッチ25などで構成される。

【0020】処理回路16は、CPU(中央処理装置)などで構成され、入出力回路17と記憶手段18に接続されている。入出力回路17は、処理回路16と駆動制御回路21と操作パネル24とフットスイッチ25と接続されており、医療用レーザ治療装置11における入力と出力との処理回路16への受け渡しを行う。

【0021】記憶手段18は、レーザ光照射出力、レーザ光繰返し数、水や空気などの流体供給量、レーザ光照射時間、ガイド光の有無および水と空気の混合比などから成る治療条件を記憶する第1記憶手段31、第2記憶手段32および第3記憶手段33とを含んで構成される。

【0022】第1記憶手段31は、たとえばRAM(ランダムアクセスメモリ)によって構成され、ここに現在の治療条件が設定される。第2記憶手段32は、たとえばEEPROM(Electrically Erasable Programmable Read Only Memory)もしくはバックアップ電池付のSRAM(Static RAM)によって構成され、それぞれ1つの治療条件を格納する格納領域34a~34dの5つの領域を含む。第2記憶手段32に記憶されている各治療条件は、医療用レーザ治療装置11の電源が遮断されても各領域に保持される。第3記憶手段33は、第2記憶手段32と同様に、たとえばEEPROMもしくはバックアップ電池付のSRAMによって構成され、装置11の電源が投入されたときには、第3記憶手段33に記憶されている治療条件が初期設定条件として第1記憶手段

31に転送される。なお、電源オフ時でも記憶する記憶手段として、第2記憶手段32、第3記憶手段33という2つに分けているが、第3記憶手段33の内容を第2記憶手段32に入れてしまうことも可能である。

【0023】駆動制御回路21は、第1記憶手段31に記憶されている治療条件に基づいてレーザ照射手段22および流体供給手段23の駆動制御を行う。

【0024】図2を参照して、レーザ照射手段22は、高圧電源回路36と、レーザヘッド37と、光ファイバ38と、案内ケーブル39と、ハンドピース40とを含んで構成される。レーザヘッド37は、レーザ本体45と、第1ビームスプリッタ47と、光検出器48と、外部シャッタ51と、第2ビームスプリッタ50と、ガイド光源52などで構成される。レーザ本体45は、レーザロッド43と、内部シャッタ49と、共振器ミラー44a、44bと、励起ランプ46などで構成される。なお歯科治療の場合には、波長が約3 μ mのレーザ光を発振するEr-YAG (Erbium/Yttrium Aluminium Garnet) レーザが好適に使用される。

【0025】励起ランプ46は、高圧電源36から高電圧を印加されることによってレーザロッド43を励起し、共振器ミラー44a、44bの間でレーザ光54が発振する。第1ビームスプリッタ47は、入射したレーザ光のうち、たとえば1/100の分割比率で直角方向に反射させ、残りのレーザ光を透過させる。光検出器48は、第1ビームスプリッタ47によって反射された光のエネルギー量を検出し、駆動制御回路21へ出力する。光検出器48によってモニタされる出力電圧は、レーザ光の出力に比例し、レーザ光のエネルギー量は高圧電源回路36によって印加される電圧値の大きさに依存する。なお、内部シャッタ49は、レディスイッチ91 (図3参照) によって開閉が行われる。

【0026】外部シャッタ51は、フットスイッチ25の操作によって開閉が行われ、フットスイッチ25が入らなければ常にレーザ光を遮断するように安全装置を構成している。第2ビームスプリッタ50は、入射するレーザ光を透過し、またガイド光源52から射出されたガイド光55を直角方向に、かつレーザ光と同軸となるように反射する。ガイド光源52は、駆動制御回路21によってオン/オフを制御され、可視光であるガイド光55を出力する。

【0027】第1ビームスプリッタ47と第2ビームスプリッタ50との間には図示しないチョッパが設けられることによって所望の繰返し数でレーザ光が照射される。チョッパは、レーザ光を透過させるための透孔が設けられた円板をモータで回転させることによって当該透孔を通過するときだけレーザ光が照射されるようにしている。なお、チョッパの位置に関して、上記位置以外に内部シャッタ49を代用として用いることも可能である。当該モータには回転数のセンサが設けられており、

記憶手段18にはパルスの繰返し数とモータの回転数の対応関係が予め記憶されており、治療条件であるレーザ光の繰返し数が第2記憶手段32に記憶される際には、所望の繰返し数が得られるモータの回転数を設定するデータが記憶される。

【0028】高圧電源回路36によって高電圧を印加されることによって、励起ランプ46によって励起されたレーザロッド43からレーザ光54が射出され、当該レーザ光54は第1ビームスプリッタ47によって一部が光検出器48に入力される。残余のレーザ光54は、外部シャッタ51および第2ビームスプリッタ50を介して、光ファイバ38に導入される。なお、レーザ光54は不可視光であるため、照射位置を示すガイド光55と光軸が揃うように配置される。ガイド光55は、ガイド光源52から射出され、第2ビームスプリッタ50によってレーザ光54と同軸となるように反射される。

【0029】次に、レーザ出力の制御方法について説明する。操作パネル24におけるエネルギー量設定スイッチ85 (図3参照) によって、エネルギー量表示領域82 (図3参照) に表示される出力されるエネルギー量を所望のエネルギー量に設定する。記憶手段18には、エネルギー量表示領域82に表示されるエネルギー量と光検出器48の出力電圧値との対応関係が予め記憶されており、当該対応関係に基づいて光検出器48の出力電圧が所望の値となるように、駆動制御回路21を介して高圧電源回路36によって印加される電圧を制御する。なお安定したレーザ出力を行うために、予め外部シャッタ51を閉じてレーザヘッド37内部で所定の時間エネルギー量を安定制御しており、フットスイッチ25と連動させて外部シャッタ51を開きレーザ光が照射されるようにしている。レーザ光54とガイド光55とは案内ケーブル39内の光ファイバ38を通して、ハンドピース40の先端部に設置されたボールレンズ41を介してチップ42の先端から出力され、治療部位を照射する。

【0030】流体供給手段23は、水供給手段57と空気供給手段58とを含んで構成される。水供給手段57は、水タンク61とポンプ62と弁63とを含んで構成され、空気供給手段58は、エアータンク64とエアープンプ65とエア弁66とを含んで構成される。弁63およびエア弁66は駆動制御回路21によって制御される。

【0031】水供給手段57において、水が貯留されている水タンク61からポンプ62によって送り込まれた水は、弁63によって流量が調節されて案内ケーブル39を介して、ハンドピース40から治療部位に吹付けられる。同様に、空気供給手段58において、空気が貯留されているエアータンク64からエアープンプ65によって送り込まれた空気は、エア弁66によって流量が調節されて案内ケーブル39を介して、ハンドピース40から治療部位に吹付けられる。

【0032】たとえば水のみを吹付ける場合、レーザ光照射部位を冷却し、かつレーザ光照射部位付近に付着した異物を除去することができる。また、たとえば空気のみを吹付ける場合、レーザ光照射部位を乾燥させ、かつレーザ光を照射部位付近に付着した異物を飛散させて除去することができる。さらに、霧状にした液体と気体との混合流体を吹付ける場合、レーザ光照射部位の冷却効果に加えて、レーザ光照射部位に水の薄膜が形成されることによってレーザ光照射部位におけるレーザ光の吸収効率を向上させることができ、かつレーザ光照射部位付近に付着した異物の除去、洗浄効果を得ることができる。

【0033】再び図1を参照して、操作パネル24は表示素子71および治療条件設定スイッチ72によって構成される。フットスイッチ25は、入出力回路17に接続されており、外部シャッタ51の開閉によってレーザ光の照射または遮断が行われる。

【0034】図3は、操作パネル24の平面図である。操作パネル24の側面には、装置全体の電源スイッチとなっているキースイッチ80が設けられる。キースイッチLED（発光ダイオード）116は、キースイッチ80によって装置全体に電源が供給されると同時に点灯して、通電状態であることを示す。

【0035】操作パネル24は、表示素子71として複数の表示領域と複数の状態表示用LEDと、治療条件設定スイッチ72として複数のスイッチとを含んで構成される。操作パネル24に設けられる表示領域は、繰返し数表示領域81とエネルギー量表示領域82とを含んで構成される。操作パネル24に設けられるスイッチは、治療条件設定手段として繰返し数設定スイッチ84、エ

ネルギー量設定スイッチ85、水供給量設定スイッチ86、空気供給量設定スイッチ87、およびガイド光設定スイッチ88と、治療条件格納手段としてメモリセットスイッチ94と、治療条件読出手段としてメモリスイッチM1～M5（総称するときは参照符Mを用いる）と、レディスイッチ91と、キャリブレーションスイッチ92とを含んで構成される。

【0036】操作パネル24に設けられる状態表示用LEDは、エミッションLED101、スタンバイLED102、タイマ表示LED103、キャリブレーションLED104、ガイドLED105、レディLED106、メモリセットLED107、メモリLED108～メモリLED112、水供給量LED114、空気供給量LED115、およびキースイッチLED116とを含んで構成される。

【0037】繰返し数設定スイッチ84は、照射するレーザ光における1秒間のパルス数（PPS；Pulse Per Second）を設定するスイッチである。繰返し数設定スイッチ84を押圧するごとに設定されたパルス数が繰返し数表示領域81に示され、1秒間に発振されるパルス数

が増加する。繰返し数設定スイッチ84を1回ずつ押圧すると繰返し数表示領域81に示されるパルス数が1PPSずつ増加し、押圧し続けると連続的に変化する。繰返し数設定スイッチ84によって設定されるパルス数は、医療用レーザ治療装置11において予め定められるパルス数まで増加すると「1」に戻り再び増加する。なお、繰返し数設定スイッチ84の操作によって、パルス数が「1」→「3」→「5」→「10」→「1」→・・・というように段階的に変化するように設定することも可能である。

【0038】エネルギー量設定スイッチ85は、照射するレーザ光のエネルギー量を設定するスイッチである。本実施例においては、照射されるレーザ光はパルス波であるためエネルギー量の単位はジュール（mJ）であるが連続波である場合にはワット（W）が用いられる。エネルギー量設定スイッチ85は、増加指示領域85aと減少指示領域85bとによって構成され、増加指示領域85aを押圧するとエネルギー量表示領域82に表示されているエネルギー量が増加し、減少指示領域85bを押圧するとエネルギー量表示領域82に表示されているエネルギー量が減少する。エネルギー量表示領域82に表示されているエネルギー量に基づいてレーザ光が照射される。増加指示領域85aと減少指示領域85bとは、繰返し数設定スイッチ84と同様に1回ずつ押圧すると1mJずつ増減し、押圧し続けると連続的に変化する。

【0039】水供給量設定スイッチ86は、レーザ光照射部位に吹付けられる水と空気との混合物における水の供給量を設定するスイッチである。水供給量LED114は6つのLEDによって構成され、点灯しているLEDの数によって水の供給量を段階的に示す。また、前記6つのLEDがすべて消灯している状態に設定されると水は供給されない。水供給量設定スイッチ86は、増加指示領域86aと減少指示領域86bとによって構成され、増加指示領域86aを押圧すると水供給量LED114における点灯しているLEDの数が増加し、予め定める量だけ水の供給量が増加する。また減少指示領域86bを押圧すると水供給量LED114における点灯しているLEDの数が減少し、予め定める量だけ水の供給量が減少する。空気供給量設定スイッチ87は、増加指示領域87aと減少指示領域87bとによって構成される。空気供給量設定スイッチ87は、前記水供給量設定スイッチ86と同様の構成であるので説明を省略する。

【0040】本実施例においては、水および空気の供給量は段階的に変更されるようにしたが、連続的に可変させて水および空気の供給量を数値で表示することも可能である。

【0041】ガイド光設定スイッチ88は、レーザ照射位置を示すガイド光の点灯／消灯を設定するスイッチである。ガイドLED105は、ガイド光が照射されると

きには点灯され、ガイド光が照射されないときには消灯される。ガイド光設定スイッチ88を押圧することによりガイド光の照射、非照射が交互に切替わる。キャリブレーションスイッチ92は、医療用レーザ治療装置11において表示されている、たとえばエネルギー量と実際に照射されるレーザ光のエネルギー量とが異なるときに校正を行うことを指示するためのスイッチであり、校正作業中にはキャリブレーションLED104が点灯する。

【0042】エミッションLED101は、フットスイッチ25による指示でレーザの照射が行われるときに点灯する。スタンバイLED102は、医療用レーザ治療装置11の電源が投入された後に行われる後述する自己診断機能において異常が発見されず、予め第3記憶手段33に記憶されている初期設定条件でレーザ光の照射が行えるようになると点灯し、レーザ光を照射のための準備が完了したことを示す。タイマ表示LED103は、レーザ光の照射時間情報を設定する図示しないタイマ設定手段によって定められた期間における残余のレーザ光照射時間を段階的に示す。レディスイッチ91が押圧されたときに、スタンバイLED102が点灯されているとレディLED106が点灯し、前記レーザヘッド37における内部シャッタ49が開かれる。レディLED106点灯中にフットスイッチ25を踏込むとレーザ光の照射が行われる。

【0043】こうして操作パネル24のスイッチ操作によって、レーザ光照射出力、レーザ光繰返し数、水や空気などの流体供給量、レーザ光照射時間、ガイド光の有無および水と空気の混合比等が任意に調整されて、現時*

*点の治療条件は第1記憶手段31に記憶されるとともに表示素子71に表示される。また、駆動制御回路21は、第1記憶手段31に記憶された治療条件に基づいてレーザ照射手段22および流体供給手段23を制御する。

【0044】メモリスイッチMのいずれか1つを押圧すると、まず対応するメモリLEDが点灯され、第2記憶手段32のうち対応する格納領域に記憶されている治療条件が読出されて、第1記憶手段31に記憶される。本実施例においては、メモリスイッチMを押圧する際に各表示が手で隠れないように操作パネル24の右側に配置されているが、操作パネル24の下側に配置されてもよい。

【0045】メモリセットスイッチ94は、メモリスイッチMに治療条件を登録する際に治療条件の確定を指示するスイッチであり、メモリセットスイッチ94を押圧するとメモリセットLED107が点灯し、いずれかのメモリスイッチMが押圧されるのを待機する。ここで、たとえばメモリスイッチM5が押圧されると、第1記憶手段31に設定されている治療条件が格納領域34eに記憶される。以後メモリスイッチM5が押圧されると、格納領域34eに記憶された治療条件が第1記憶手段31に読出される。

【0046】次の(表1)は、各メモリスイッチMに対応付けて記憶される治療条件の例を症例別に示している。

【0047】

【表1】

	エネルギー (mJ)	繰返し数 (PPS)	水量/エア量
窩洞形成	150	10	2/3
ベベル形成	80	10	2/3
歯肉切開	60	10	0/0
歯石除去	30	10	2/3
根管治療	50	5	1/1

【0048】(表1)において、窩洞形成とは、歯の実質欠損に対してその修復のために必要な外形などを加えて歯質を削除形成することであり、設定されるエネルギー量は150mJ、パルスの繰返し数は10PPS、水と空気との流量の比は2:3となっている。また、ベベル形成とは、レーザ光の照射によって形成された角部の面取りを行い、接着剤などの着きをよくするために行われる治療であり、エネルギー量は80mJであり、他の治療条件は窩洞形成の場合と同一である。なお(表1)では、エネルギー量、繰返し数、および水と空気との流量の比のみを示したが他の治療条件を設定することもできる。

【0049】図4は、弁63およびエア弁66の電氣的構成の一例を示すブロック図である。以下、弁63に関

する説明を行うが、エア弁66についても同様である。

【0050】弁63は、D/Aコンバータ121と、位置検出手段122と、モータドライブ回路123と、サーボモータ124と、弁駆動手段125と流量制御弁126とを含んで構成される。操作パネル24の水供給量設定スイッチ86によって設定された流量に対応するデジタルの設定信号が、D/Aコンバータ121に入力されアナログ信号に変換される。アナログに変換された設定信号は、位置検出手段122に入力される。また位置検出手段122の非反転端子には後述するサーボモータ124と同時に設けられる、たとえばポテンショメータからの位置検出信号がフィードバック信号として入力される。前記設定信号の電位と位置検出信号のアナログ量とが一致していない場合には差異に対応した電位が位置

検出手段122に含まれる増幅回路によって増幅され、モータドライブ回路123を動作させる。モータドライブ回路123は、サーボモータ124を駆動し回転させる。サーボモータ124が回転することによって、前記ポテンショメータから出力される位置検出信号が変化し、前記設定信号の電位と位置検出信号のアナログ量とが一致すると位置検出手段122の出力が0Vとなりサーボモータ124の回転を停止させる。

【0051】サーボモータ124は、回転軸に対してカップリングなどで弁駆動手段125が直結されており、サーボモータ124の回転角度 θ を直線方向の変位へと変換する。当該変位によって流量制御弁126に接続されている制御弁棒が直線的に変位し流量制御オリフィスの面積が変化する。上述のようにして、水供給量設定スイッチ86によって段階的に設定される流量に対応して水が案内管39に供給される。また、水の供給量が連続量である場合でもサーボモータ124の回転角度を連続的に変化させることによって同様に制御することができる。

【0052】治療条件の1つとして流体流量が記憶手段18に記憶される際には、設定された流量に対応するデジタルデータである設定信号が記憶される。

【0053】図5は、弁63およびエア弁66の電気的構成の他の例を示すブロック図である。以下、弁63に関する説明を行うが、エア弁66についても同様である。

【0054】弁63は、パルスモータ134と、位置検出手段135と、弁駆動手段125と流量制御弁126とを含んで構成される。

【0055】パルスモータ134は、入力されるパルスの数に基づいて回転角度 θ が制御される。パルスモータ134は、1パルス入力されると0.72°時計まわりに回転し、500パルス入力されることによって360°回転するように定められている。パルスモータ134には、回転軸と連動するように円板が取付けられており、当該円板には予め定める位置に透孔が形成されている。水の供給量が0であるときの当該透孔に対応する位置に、たとえばフォトインタラプタなどで構成される位置検出手段135を設け、流量が0であるときにフォトインタラプタの出力がHレベルになるようにする。

【0056】水供給量設定スイッチ86によって所望する流量が設定されるとパルスモータ134を逆回転させる。流量が0になる位置まで逆回転すると前記透孔によってフォトインタラプタが導通し出力がHレベルとなる。その後設定された流量に対応するパルスモータ数のデータが記憶手段18から読出され、所望する数のパルスがパルスモータ134に入力される。パルスモータ134は、流量が0の位置から入力されたパルス数に基づいて回転角度 θ だけ回転する。パルスモータ134の回転軸には弁駆動手段125が接続され、流量制御弁12

6の流量制御オリフィス面積を変化させる。

【0057】治療条件の1つとして流体流量が記憶手段18に記憶される際には、設定された流量に対応するパルス数がデータとして記憶される。

【0058】図6および図7は、動作を示すフローチャートである。ステップs1において、キースイッチ80によって医療用レーザー治療装置11に電源が供給される。また同時にキースイッチLED116が点灯し医療用レーザー治療装置11に電源が供給されていることを示す。電源が供給されることによって医療用レーザー治療装置11の動作が開始して、ステップs2において記憶手段18に予め記憶されている自己診断プログラムに従って自己診断機能が行われる。自己診断の内容としては、水タンク61内に貯留されている水の水位、温度、エアタンク64内の空気の量、ポンプ62、エアポンプ65が正常に動作するか、各シャッタは正常に動作するか、励起ランプ46が正常であるかなどがある。

【0059】続くステップs3では、自己診断機能の結果、異常が発見されたかどうかを判断する。異常が発見された場合には、たとえば各表示領域に予め定められた記号などを表示することで使用者に異常が発見された箇所を知らせる。ステップs4において、使用者が当該異常に対する処置を行うと再びステップs2に戻り自己診断を行う。

【0060】自己診断の結果、異常が発見されなかった場合はステップs5に進む。ステップs5においては、スタンバイLED102を点灯させレーザー光を照射可能な状態になったことを示す。レーザーヘッド37の励起ランプ46にはシマー電流が流され照射可能な最小電流で放電され、いつでもレーザー照射が可能な状態となっている。高圧入力電圧は0Vに保持されており、高圧印加電圧は最小発振が可能な電圧に保持されている。

【0061】ステップs6において、レディスイッチ91が押圧されるとレディLED106が点灯し、レーザーヘッド37における内部シャッタ49が開く。続くステップs7では、第3記憶手段33に予め記憶されている治療条件が初期設定条件として第1記憶手段31に転送され、当該初期設定条件に基づいて治療条件が設定され、対応する表示が行われ、また各LEDが点灯する。

【0062】図7のステップs8では、フットスイッチ25が押されているか否かを判定し、オンであればステップs9に移行しステップs10で外部シャッタ51が開き、レーザーの照射が行われる。同時にエミッションLED101が点灯し、図示しない照射ブザーが鳴ることによって使用者にレーザーの照射が行われることを認識させ、タイマ表示LED103が点灯してレーザー照射可能な残り時間を示す。またレーザーが照射される治療部位には、治療条件中に含まれる治療条件に基づいて水および空気が任意の割合で混合された混合流体が吹付けられる。

【0063】ステップs11では、フットスイッチ25がオフされたかどうかを判断する。フットスイッチ25がオフされた場合には外部シャッタ51を閉じてステップs12に進み、ステップs12において医療用レーザ治療装置11の使用を終了するかどうかを判断する。使用を終了する場合にはステップs13に進む。ステップs13においては、レディスイッチ91を押圧することによって内部シャッタ49が閉じられ同時にレディLED106が消灯される。続くステップs14において、

キースイッチ80をオフにすることによって医療用レーザ治療装置11に供給される電源を遮断し処理を終了する。

【0064】ステップs11において、フットスイッチ25がオフされていない場合にはステップs15に進み、ステップs15においてレーザ照射を開始してから予めタイマ設定手段によって定められた時間が経過したかどうかを判断する。照射可能な期間が残っている場合にはステップs11からの処理を繰返し、照射可能な期間が残っていない場合にはステップs12に進み終了の判断を行う。

【0065】ステップs8において、フットスイッチ25が押されていない場合にはステップs16に進む。ステップs16では、治療条件の設定変更の種類を判定し、たとえば操作パネル24上の隠しスイッチと水供給量設定スイッチ86を同時に押されたことを検知すると、初期設定条件の変更処理を行うステップs22に移る。なお、隠しスイッチとは、操作パネル24に表示は無いが、保守点検者だけがその存在を知り得るスイッチであり、たとえば「mJ」の上部付近に埋め込まれている。

【0066】一方、ステップs16で、各設定スイッチを用いて各治療条件を設定（マニュアル設定）すると判定されると、ステップs17では、実際に各設定スイッチを用いて治療条件を設定する。その際、ステップs18において、出力設定値がたとえば150mJという危険値以上か否かを判定し、危険値以上であればステップs23へ移ってエネルギー量表示領域82の表示を緑色から赤色に変えて使用者に注意を促し、さらに設定終了後、たとえば「ピピピピツ」という繰り返し音で警告する。このように高出力設定を使用者に警報する場合、光の色変化や音の変化の一方または両方を使用することができる。その後ステップs20に移る。

【0067】ステップs18で危険値未満であれば、ステップs19へ移ってエネルギー量表示領域82の表示を緑色の状態を保ち、設定終了後は、たとえば「ピッ」という短い音で知らせる。その後ステップs20へ移る。

【0068】ステップs20では、マニュアル設定された治療条件が、既に第2記憶手段32に記憶されている治療条件のいずれかと一致するか否かを判定し、一致し

ていればステップs24において、対応するメモリLEDが点灯して警告音を発する。

【0069】次にステップs21では、マニュアル設定された治療条件を第2記憶手段32のいずれかに記憶させるか否かを判定し、記憶させない場合ステップs9へ進んでマニュアル設定による治療条件で治療が行われる。一方、マニュアル設定による治療条件を記憶する場合には、ステップs25へ移行し操作パネル24上のメモリセットスイッチ94を押して、続いて第2記憶手段32の格納領域34a~34eのいずれに登録するかをメモリスイッチMを押圧することによって指示する。いずれかのメモリスイッチMが押圧されることによってメモリセットLED107は消灯して、押圧されたメモリスイッチMに対応するメモリLEDが点灯する。医療用レーザ治療装置11は、指示されたメモリスイッチMに対応付けて第2記憶手段32に登録されていた治療条件を消去し、現在、第1記憶手段31に記憶されている治療条件を第2記憶手段32の該当する格納領域にコピーする。こうしてメモリスイッチM1~M5の中から所望のスイッチを押すと、対応する第2記憶手段32のいずれかにマニュアル設定による治療条件が格納される。

【0070】次にステップs27で、引き続き治療条件の再設定を行うか否かを判定し、再設定の場合にはステップs17へジャンプする。また、再設定しなければステップs9へ進んでマニュアル設定による治療条件で治療が行われる。

【0071】さらに、ステップs12において、医療用レーザ治療装置11の使用を終了しない場合にはステップs28に進み、ステップs28で使用者は治療条件の再設定を行うかどうかを選択する。再設定を行う場合にはステップs17以降の処理を行い、再設定を行わない場合にはステップs9以降の処理を続行する。

【0072】また、ステップs16において使用者が初期設定条件の変更を選択するとステップs22に進む。ステップs22では、第3記憶手段33に記憶されている初期設定条件を変更する処理を行う。こうした変更処理を行う状態へ移行するには、前述の隠しスイッチを併用したり、操作パネル24における各設定スイッチを2個、たとえばレディスイッチ91と繰返し数設定スイッチ84とを同時に5秒程度押圧し続けるなどの比較的複雑な操作を要求することによって、簡単に変更できないように工夫されている。変更処理が可能状態になると、治療条件として設定可能な項目の表示領域またはLEDが点滅して使用者に知らされる。治療条件は、それぞれ対応する設定スイッチによって設定され、治療条件を設定し終えるとメモリセットスイッチ94を押圧して初期設定条件を確定され、第3記憶手段33に記憶される。次回起動時からは再び変更処理を行うまで、前述のようにして設定された初期設定条件に基づいて治療条件が初期設定される。

【0073】このように第2記憶手段32の各格納領域34a~34eに複数の治療条件を格納することができるため、各メモリスイッチMを押圧することによって対応する治療条件が読み出されてセットされ、治療内容に適合した条件でレーザ治療を行うことができる。また、メモリセットスイッチ94によって、使用者の所望する治療条件をメモリスイッチMに対応付けて記憶しておくことができる。さらに各メモリスイッチMにそれぞれの症例を対応付けておくことによって各治療条件をエネルギー量やパルスの繰返し数といった数値ではなく症例を指標として選ぶことができる。したがって、医療用レーザ治療装置11に関する知識のない使用者であっても、症例に対応した治療条件を正確に設定することができる。また、メモリスイッチMによって選択された各治療条件は、操作パネル24に示されるので確認を容易に行うことができる。

【0074】図8は、レーザ照射手段22での照明機構の各種例を示す構成図である。図8(a)では、ガイド光源52からのガイド光とハロゲンランプ等の白色光源70からの照明光が第3ビームスプリッタ50aによって同軸に合成され、さらに第2ビームスプリッタ50によってレーザ本体45からのレーザ光と同軸に合成された後、案内ケーブル39内の光ファイバに導入される。ハンドピース40の先端からは、レーザ光およびガイド光がスポット状に集束するように出射するとともに、照明光は広く発散するように出射して治療部位周辺を照明する。白色光源70は駆動制御回路21によって制御され、治療時における照明光の有無は治療条件の一つとして記憶手段18に各領域に記憶される。

【0075】図8(b)では、ガイド光が第2ビームスプリッタ50によってレーザ本体45からのレーザ光と同軸に合成された後、案内ケーブル39内の光ファイバに導入される。一方、ハンドピース40の内部にはハロゲンランプ等の白色光源70および光ファイバ束等のライトガイド71が組み込まれており、ハンドピース40の先端からは、レーザ光およびガイド光がスポット状に集束するように出射するとともに、照明光はライトガイド71の先端から広く発散するように出射して治療部位周辺を照明する。また、白色光源70は駆動制御回路21によって制御され、治療時における照明光の有無は治療条件の一つとして記憶手段18に各領域に記憶される。

【0076】図8(c)では、図8(b)と同様な構成であるが、ハンドピース40の先端付近にハロゲンランプ等の白色光源70が単体で内蔵されている。ハンドピース40の先端からは、レーザ光およびガイド光がスポット状に集束するように出射するとともに、照明光は白色光源70から広く発散するように出射して治療部位周辺を照明する。

【0077】このように治療部位を照明する照明光を発

生することによって、治療部位の観察が容易になり、しかも治療条件として照明光の有無を含むことによって、使用者の治療内容に応じて任意設定が可能になる。

【0078】図9は警報回路の一例を示す回路図であり、図10はそのタイミング図である。図9において、CPU(中央処理装置)を含む処理回路16からパルス信号が入出力回路17を介してエミッタ接地のトランジスタTrのベースに入力されると、コレクタに接続されたブザーBZ(図9では圧電ブザーの例を示す)を駆動する。パルス信号は、図10に示すように、周波数 f_2 ($=1/\text{周期}T_2$)のパルス群が周期 T_1 の間隔で間歇的に発生し、ブザーBZの音の高さは周波数 f_2 で決定され、パルス音の間隔は周期 T_1 で決定される。なお、ブザーBZの代わりにスピーカを駆動してもよく、その場合にはサイン波駆動となる。

【0079】図11(a)は操作パネル24の数値表示器の一例を示す図であり、図11(b)はその内部等価回路図である。図11(a)は、7つのセグメントa~gとドットセグメントDPから成る7セグメント表示器を示しており、各セグメントa~gには緑色表示用LEDと赤色表示用LEDが接近して内蔵されている。こうした7セグメント表示器には、カソードコモン仕様とアノードコモン仕様があり、図11(b)はカソードコモン仕様の等価回路を示す。

【0080】図11(b)に示すように、直列接続された2つの緑色表示用LEDおよび2つの赤色表示用LEDで1つのセグメントを構成しており、緑色表示用LEDと赤色表示用LEDのアノード側がセグメント単位でそれぞれ接続され、明るさを制限するための制限抵抗を介して各入力端子から駆動信号が入力される。一方、緑色表示用LEDのカソードは共通接続されてスイッチSW1を介してグラウンドに接続されている。同様に、赤色表示用LEDのカソードも共通接続されてスイッチSW2を介してグラウンドに接続されている。なお、ドットセグメントDPについても同様に、緑色表示用LEDと赤色表示用LEDが1つずつカソードコモンで接続されている。

【0081】次に動作を説明する。図11(a)に示す7セグメント表示器において、たとえば数字「2」を緑色で表示する場合、セグメントa、b、g、e、dに対応する入力端子をハイレベルに保持し、残りの入力端子をローレベルに保持するとともに、スイッチSW1をオン、スイッチSW2をオフに設定する。

【0082】また、この状態から数字「2」を赤色で表示する場合には、入力端子のレベルを維持したまま、スイッチSW1をオフ、スイッチSW2をオンに設定する。

【0083】他の数字についても、入力信号のレベルと2つのスイッチSW1、SW2を制御することによって、表示色の切替えが可能になる。

【0084】図12は、操作パネル24の他の例を示す平面図である。この操作パネル24には、図3のものと同様に、キースイッチ80、繰返し数表示領域81、エネルギー量表示領域82、繰返し数設定スイッチ84、エネルギー量設定スイッチ85、水供給量設定スイッチ86、ガイド光設定スイッチ88、メモリセットスイッチ94、メモリスイッチM1～M5、レディスイッチ91、キャリブレーションスイッチ92、エミションLED101、スタンバイLED102、タイマ表示LED103、キャリブレーションLED104、ガイドLED105、レディLED106、メモリセットLED107、水供給量LED114、キースイッチLED116などが配置されている。

【0085】治療条件を選択するメモリスイッチM1～M5に隣接して、板状のテンプレート140が透明なテンプレートホルダ141によって着脱自在に取り付けられている。テンプレート140表面には、メモリスイッチM1～M5に対応した治療内容を表す文字列および／または図形が記載されており、たとえば「カリエス除去」「根管治療」「歯石除去」「エッチング」「切開」等の文字列とともに、対応する歯牙の図形が図案化されている。こうした文字列や図形は予めシール上に印刷しておいて、所定の位置に貼付するようにしてもよく、メモリスイッチM1～M5の治療条件を変更する度に新しいシールを貼るようにしてもよい。また、主な臨床例で使用頻度の高いものは製品段階でテンプレート140に印刷することも可能である。

【0086】図13はテンプレートホルダ141の一例を示すもので、図13(a)は全体斜視図、図13(b)は正面図、図13(c)は底面図である。テンプレートホルダ141はアクリル樹脂等の透明材料で板状に形成され、底面内側に形成された段差面142にテンプレート140が装着される。テンプレートホルダ141の底面両端には可撓性の爪143、144が設けられ、操作パネル24に形設された2箇所の穴に嵌り込むことで固定される。

【0087】図14はテンプレートホルダ141の爪144の部分拡大図であり、図14(a)は平面図、図14(b)は右側面図、図14(c)は中央断面図である。爪144には、延出方向に沿って中央にスリット状の溝146が形成され、溝146の両側先端に2つの係止部145が形成されている。テンプレート140を交換する場合、マイナスドライバ等の工具を溝146に沿って挿入し、爪144を内側に曲げることで係止部145が操作パネル24の穴から外れて、テンプレートホルダ141が取り外される。こうしてテンプレートホルダ141内のテンプレート140を自由に交換できる。なお、操作パネル24の表面にはシート24aが貼着されている。

【0088】図15はテンプレートホルダ141の他の

例を示し、図15(a)は正面図、図15(b)は爪144の拡大図、図15(c)はその断面図である。テンプレートホルダ141の底面両端には可撓性材料から成る爪143、144が設けられている。爪143、144の先端には、操作パネル24に形設された穴と嵌合する球状の係止部145が形成されている。爪143、144には軸方向に沿って十字のスリット溝が形成されて4つ割りされており、球状の係止部145に半径方向の可撓性を付与している。テンプレート140を交換する場合、テンプレートホルダ141を操作パネル24から引き起こすことによって、係止部145が変形して穴から外れる。また、再びテンプレート140を操作パネル24に取り付ける場合、テンプレートホルダ141をそのまま押し込めば係止部145が変形して穴と嵌合する。なお、図15では、両方の爪143、144に4つ割りの球状係止部145を形成した例を示したが、図13のように半固定仕様としてもよい。

【0089】以上の実施例において、医療用レーザー治療装置11の使用例として歯科治療に使用される例を説明したが、エネルギー量および繰返しパルス数を変更することによって、たとえば形成外科の分野におけるしみやほくろなどの除去などに用いることができる。

【0090】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、レーザー光に関する条件の他に、液体、気体またはこれらの混合物から成る流体に関する条件も含めて治療条件として記憶しているため、多種多様な治療条件の保存および再設定を正確に迅速に行うことができる。したがって、いろいろな症例を持つ患者が次々と訪れても、所望の治療条件を短時間かつ確実に設定できるため、迅速な治療行為が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の構成を示すブロック図である。

【図2】レーザー照射手段22と流体供給手段23を示すブロック図である。

【図3】操作パネル24の平面図である。

【図4】弁63およびエア弁66の電気的構成の一例を示すブロック図である。

【図5】弁63およびエア弁66の電気的構成の他の例を示すブロック図である。

【図6】本発明の一実施例の動作を示すフローチャートである。

【図7】本発明の一実施例の動作を示すフローチャートである。

【図8】レーザー照射手段22での照明機構の各種例を示す構成図である。

【図9】警報回路の一例を示す回路図である。

【図10】図9に示す警報回路のタイミング図である。

【図11】図11(a)は操作パネル24の数値表示器

の一例を示す図であり、図11(b)はその内部等価回路図である。

【図12】操作パネル24の他の例を示す平面図である。

【図13】テンプレートホルダ141の一例を示すもので、図13(a)は全体斜視図、図13(b)は正面図、図13(c)は底面図である。

【図14】テンプレートホルダ141の爪144の部分拡大図であり、図14(a)は平面図、図14(b)は右側面図、図14(c)は中央断面図である。

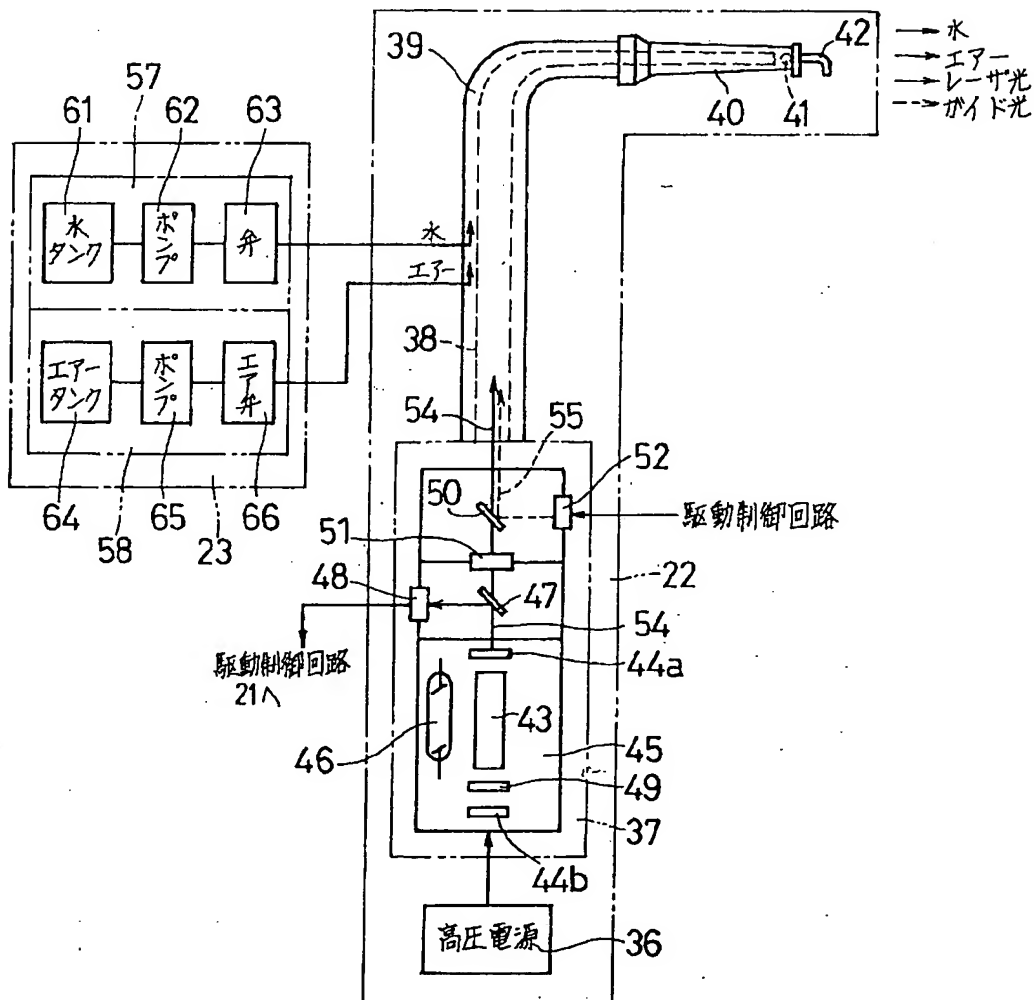
【図15】テンプレートホルダ141の他の例を示し、図15(a)は正面図、図15(b)は爪144の拡大図、図15(c)はその断面図である。

【符号の説明】

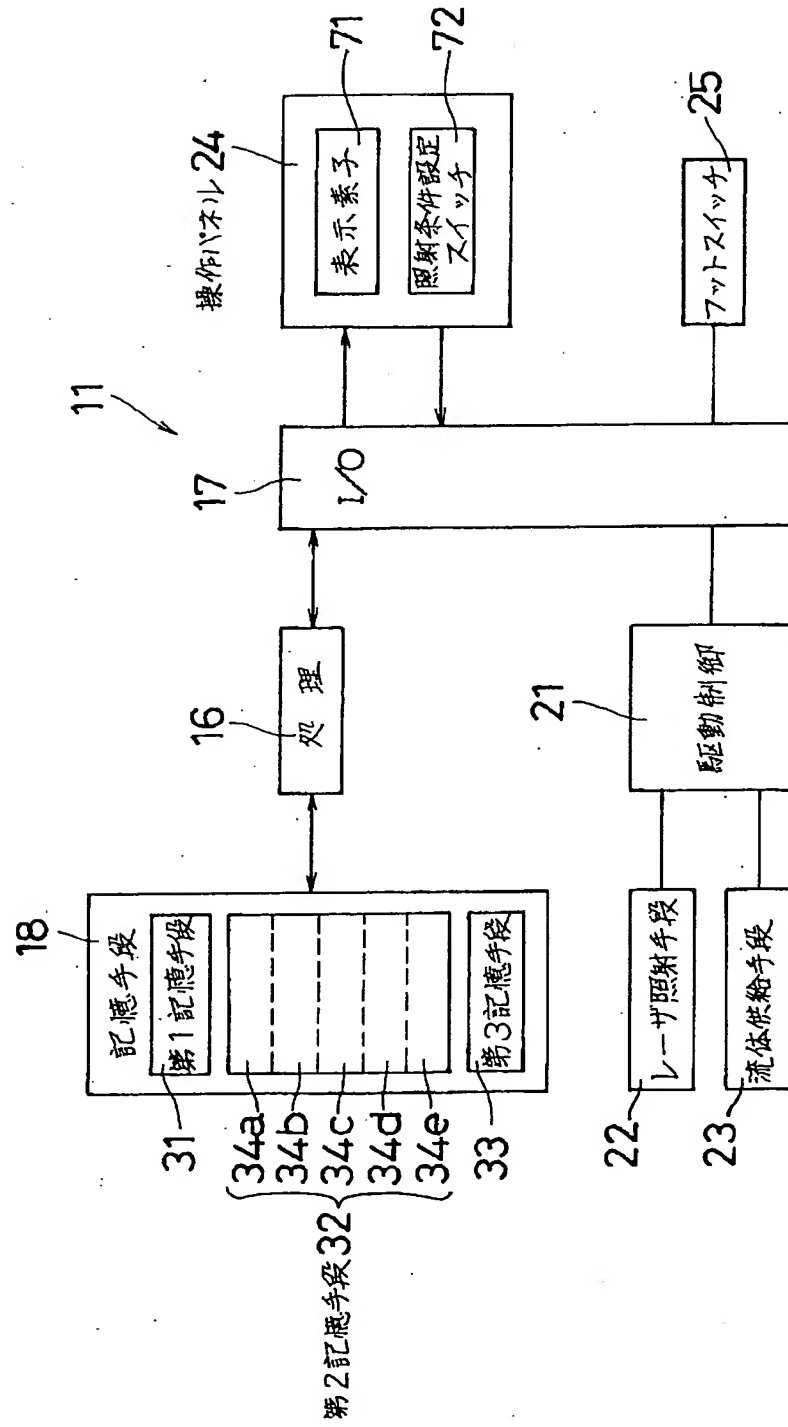
- 11 医療用レーザー治療装置
- 16 処理回路
- 17 入出力回路
- 18 記憶手段

- 21 駆動制御回路
- 22 レーザ照射手段
- 23 流体供給手段
- 24 操作パネル
- 25 フットスイッチ
- 31 第1記憶手段
- 32 第2記憶手段
- 33 第3記憶手段
- 34a~34e 格納領域
- 38 光ファイバ
- 40 ハンドピース
- 45 レーザ本体
- 52 ガイド光源
- 70 白色光源
- 71 ライトガイド
- 140 テンプレート
- 141 テンプレートホルダ

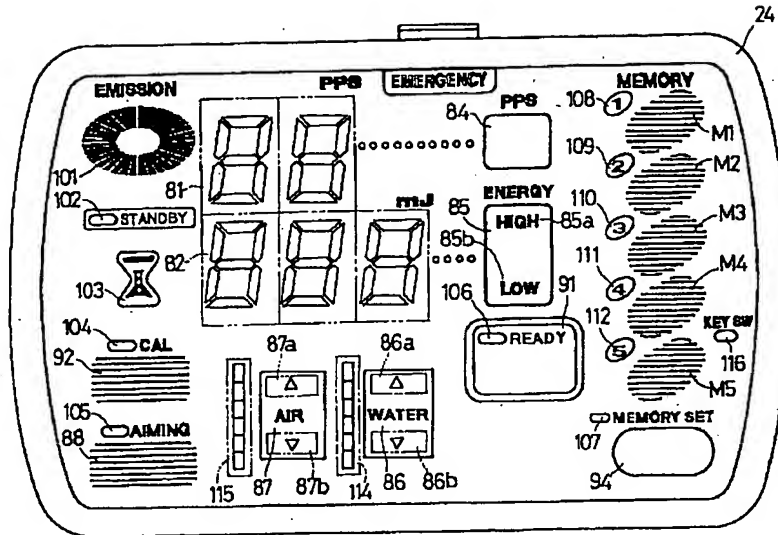
【図2】



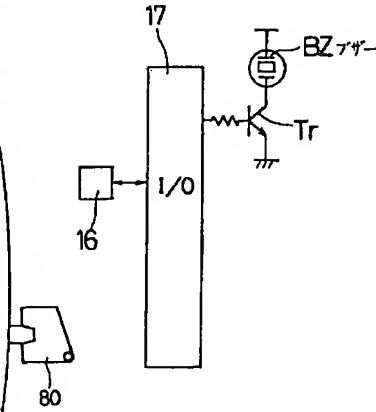
【図1】



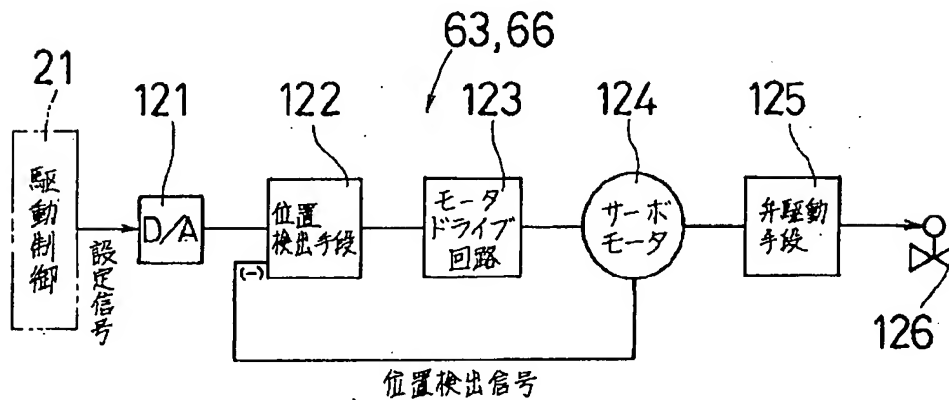
【図3】



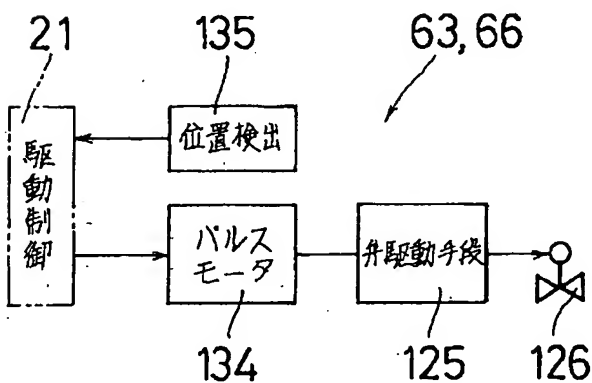
【図9】



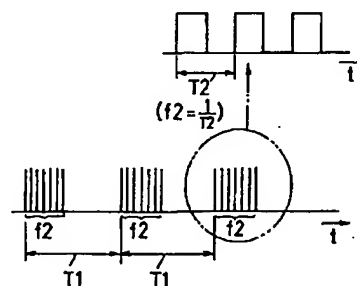
【図4】



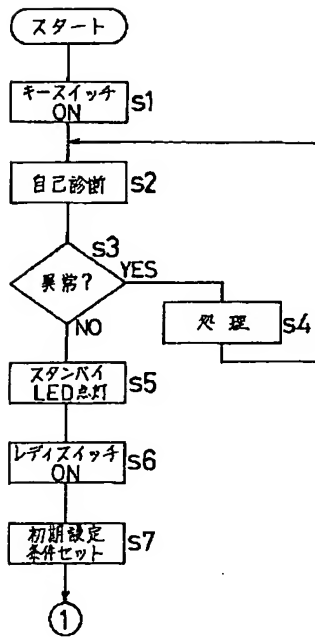
【図5】



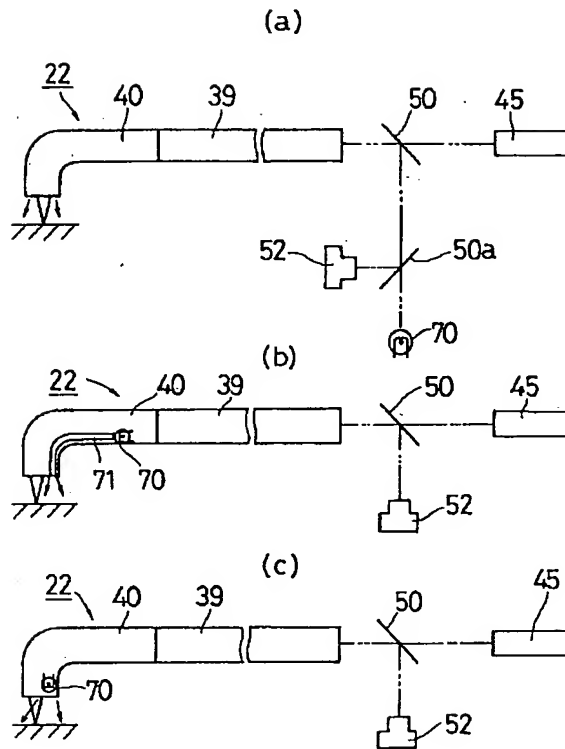
【図10】



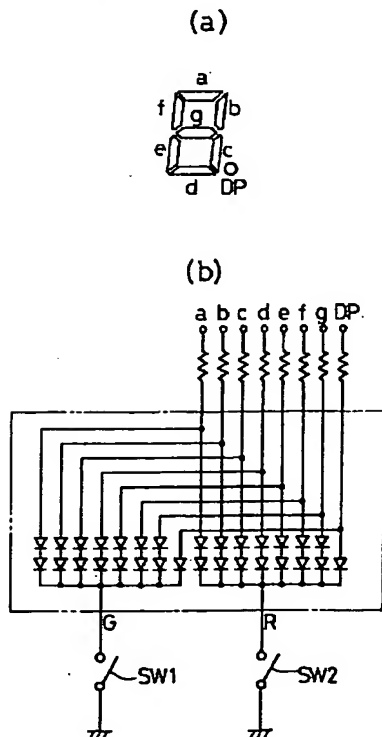
【図6】



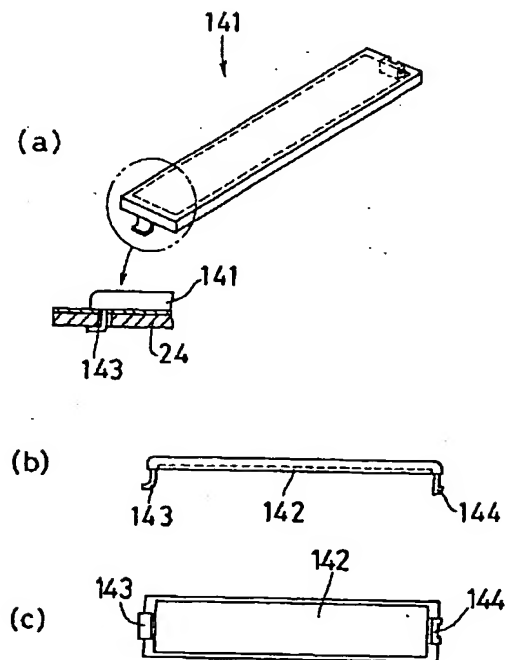
【図8】



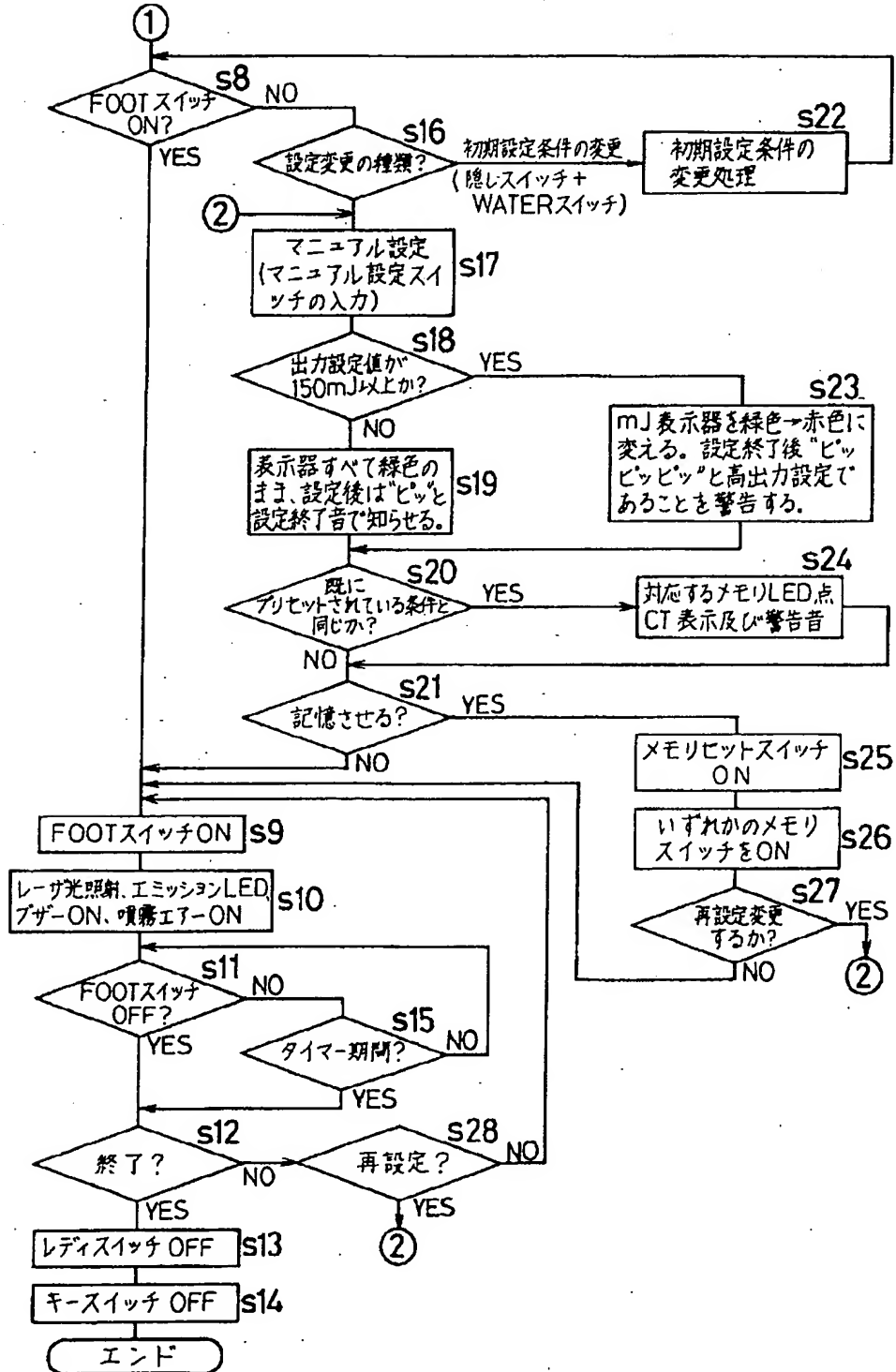
【図11】



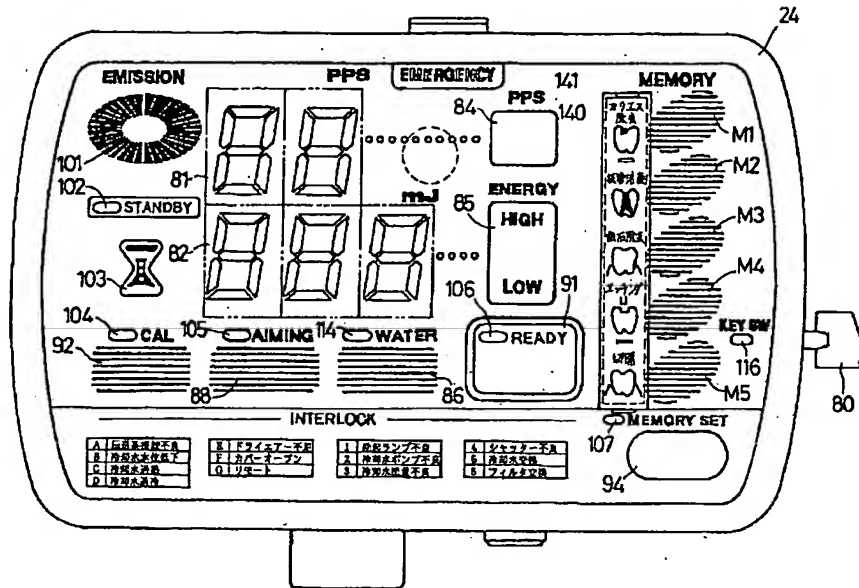
【図13】



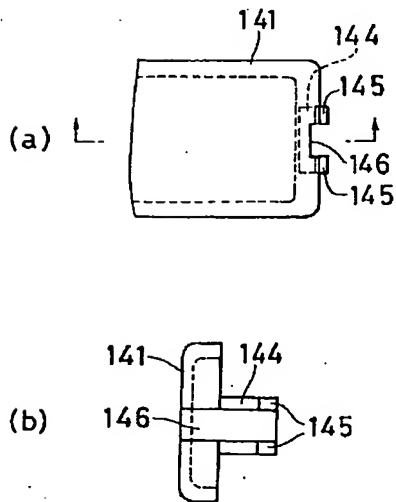
【図7】



【図12】



【図14】



【図15】

